
LA TOUNDRA ARCTICO-ALPINE DE L'ARCHIPEL DE SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS DE SUIVI DE LA VÉGÉTATION

SERGE MULLER

CONTEXTE DE L'ÉTUDE : LE RÉSEAU ITEX

Le réseau ITEX (*International Tundra EXperiment*) est un réseau international de sites de toundra arctique, antarctique et arctico-alpine, où sont installés des dispositifs de suivis de l'impact des changements climatiques, éventuellement accompagnés de dispositifs expérimentaux d'élévation de température (OTC : *Open-Top warming Chamber*). Ce réseau, mis en place au cours des années 1990, comportait en 1996 un ensemble de 26 sites répartis dans les zones arctiques, mais aussi à l'étage alpin de massif montagneux, comme les Montagnes rocheuses aux États-Unis, les Alpes en Suisse, en Norvège ou au Japon (Molau et Molgaard, 1996). D'autres sites ont été ajoutés plus récemment, en particulier au Canada, dans le cadre du programme CANTTEX (CANadian Tundra and Taiga EXperiment), dans les Mealy Mountains au Labrador (Jacobs *et al.*, 2003) ou dans l'île Bylot, au Nunavut (73 °N).

LA ZONE D'ÉTUDE, CARACTÈRES BIOGÉOGRAPHIQUES

L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon est situé en Amérique du Nord, à l'extrémité Est de l'estuaire du Saint-Laurent, à proximité (environ 20 km) de la côte Sud de Terre-Neuve. Cet archipel est constitué de trois îles principales, Saint-Pierre (26 km²), ainsi que les deux îles de Miquelon et Langlade (216 km² en tout), qui sont reliées entre elles depuis le XVIII^e siècle par un isthme de sable de 12 km de long. Le point culminant de l'archipel (le morne de la Grande Montagne à Miquelon) atteint 240 m d'altitude. Le substrat est constitué essentiellement de roches très anciennes (Cambrien), d'origine volcanique (rhyolithes, porphyres, basaltes, dolérites) pour les îles de Saint-Pierre et de Miquelon, métamorphique au Cap de Miquelon et sédimentaire (schistes, quartzites) pour l'île de Langlade. Les glaciations quaternaires ont fortement façonné le relief. Les formations superficielles récentes de dunes sableuses et de tourbières y occupent des surfaces importantes. Les sols sont généralement acides.

Bien que l'archipel soit situé à la latitude de Nantes, il subit, du fait du courant froid du Labrador, des conditions climatiques à caractère subarctique-océanique (Aubert de la Rüe, 1970), caractérisées par une température moyenne annuelle de 5,5 °C, avec un maximum en août de 15,7 °C et un minimum en janvier de - 2,97 °C (moyennes sur la période 1933-1987). La moyenne

des hauteurs annuelles de précipitations est de 1 342 mm, avec des brouillards très fréquents, déterminant une humidité de l'air élevée et une faible insolation (1 438 h en moyenne). L'importance des vents constitue un autre caractère essentiel du climat de l'archipel.

Sur le plan biogéographique, l'archipel peut être rattaché au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau, mais sous une variante hyper-océanique. Le Sapin baumier (*Abies balsamea*) apparaît en effet comme l'essence dominante des forêts de l'archipel, accompagné par quelques feuillus (*Acer spicatum*, *Alnus crispa*, *Betula papyrifera*, *Sorbus americana*, etc). Le Bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) y est très rare et apparaît plutôt en tourbière riche. Les Épicéas (*Picea glauca* et *Picea mariana*) restent peu fréquents et subordonnés à la sapinière, *Picea glauca* y apparaissant dans les variantes sèches et *Picea mariana* dans les habitats tourbeux. Cette forêt est actuellement menacée sur Langlade et Miquelon par l'introduction en 1953 dans ces deux îles et l'expansion actuelle du Cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*). En effet, la comparaison des photographies aériennes montre que 37 % des surfaces boisées de Langlade en 1952 ont été perdues au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle.

LA TOUNDRA ARCTICO-ALPINE DE L'ARCHIPEL DE SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON

Toutefois il apparaît clairement que la sapinière ne couvrait pas la totalité de l'archipel avant l'arrivée de l'homme. D'une part, les tourbières minérotrophes sur les pentes ou ombrotrophes sur les plateaux (surtout à Miquelon et Langlade) occupent également des surfaces très importantes. D'autre part, des groupements herbacés de dunes sableuses et de marais halophiles côtiers, ainsi qu'une végétation naturelle de prairie sub-halophile, déterminée par les embruns, devaient également limiter l'étendue de la forêt sur les bordures du littoral exposées aux vents marins.

Par ailleurs, les collines rocailleuses (localement appelées « mornes »), développées sur sol squelettique, soumises à des vents violents, ont toujours dû rester asylvatiques depuis la fin des glaciations, comme le suggèrent, d'une part la diminution progressive de la taille des arbres (le Sapin, qui atteint 15 m de hauteur dans les vallons abrités sur des sols profonds, peut être réduit à des tailles inférieures à 1 m, voire même 50 cm, constituant les fameux « Krummholz », sur les flancs exposés des collines), et d'autre part la présence d'un cortège floristique typique des landes basses arctiques (*Diapensia lapponica*, *Salix uva-ursi*, *Arctostaphylos alpina*, etc). Ces critères ont permis d'attester l'existence à Saint-Pierre-et-Miquelon, à très faible latitude et basse altitude, d'un étage de toundra arctico-alpine (Muller, 2008).

La végétation y montre la combinaison d'un ensemble d'espèces à distribution typiquement arctique ou arctico-alpine, *Diapensia lapponica*, *Loiseleuria procumbens*, *Salix uva-ursi*, *Arctostaphylos alpina*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*. L'espèce généralement dominante est *Empetrum eamesii*, une camarine à répartition nord-américaine. À ce cortège se mêlent des espèces de la lande boréale à *Kalmia angustifolia*, comme *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium angustifolium*, *Deschampsia flexuosa*, *Potentilla tridentata*, *Prenanthes trifoliolata*, les deux ligneux prostrés *Juniperus communis* var. *saxatilis* et *Betula pumila*, ainsi que des lichens des genres *Cladonia* et *Cetraria* et des bryophytes (comme *Racomitrium lanuginosum*).

Ce groupement à *Diapensia lapponica* et *Empetrum eamesii* a pu être intégré sans difficultés dans la classe des *Loiseleurio-Vaccinietea* Eggler 1952 em. Schubert 1960, l'ordre des *Rhododendro-Vaccinietalia* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926 et l'alliance du *Loiseleurio-Diapension* (Br.-Bl. et al. 1939) Daniëls 1982, unités retenues par Daniëls (1994) pour le territoire du Groenland. Cette alliance du *Loiseleurio-Diapension* correspond à des landes basses balayées par les vents,

à faible durée de persistance du manteau neigeux (conditions chionophobes) et sol acide. Elle présente une distribution typiquement arctico-alpine. Le groupement à *Diapensia* et *Empetrum* de Saint-Pierre-et-Miquelon y représente sans doute une association originale, peut-être spécifique à l'ensemble Terre-Neuve et Saint-Pierre-et-Miquelon.

INTÉRÊT DE L'EXTENSION DU RÉSEAU ITEX À SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON

Suite à l'identification d'écosystèmes de toundra arctico-alpine sur les mornes de l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, il est apparu intéressant de mettre en place également des dispositifs de suivi de l'impact du changement climatique sur cette végétation. En effet, du fait des conditions climatiques propres à l'archipel (climat sub-arctique océanique), la toundra s'y développe à une latitude très basse (47 °N) et à des altitudes également basses (de l'ordre de 200 m, mais aussi à des altitudes inférieures). Cette toundra y constitue un étage asylvatique naturel développé au-dessus de la forêt naine (« Krummholz ») à *Abies balsamea*. Du fait de sa situation à une latitude très basse et en contact avec des habitats forestiers, cet écosystème est présent ici dans des conditions limites de développement et semble donc particulièrement sensible au changement climatique. Un tel dispositif apparaît ainsi tout à fait complémentaire des dispositifs déjà installés dans les régions voisines (L. Hermanutz, E. Lévesque, communication personnelle).

LE DISPOSITIF DE SUIVI INSTALLÉ À SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON

Le dispositif établi en juin 2008 à Saint-Pierre-et-Miquelon est distribué sur 3 sites, deux sites situés sur l'île de Miquelon, localisés sur le morne de la Presqu'île (site A, à 209 m d'altitude), et sur la butte à Michel (site B, à 35 m d'altitude) et un site sur l'île de Saint-Pierre, localisé sur le morne de la Vigie (site C, à 162 m d'altitude). Dans chaque site ont été installés 3 "dispositifs de suivis permanents" de 1 m², localisés précisément (coordonnées relevées par GPS et mise en place de bornes dans le sol). Sur chacun de ces carrés ont été notés en 100 points (équidistants deux à deux de 10 cm) les espèces végétales présentes, plus précisément en chaque point la première espèce interceptée par une tige métallique, ceci conformément au protocole des sites ITEX (Walker, 1996). Des relevés phytosociologiques complets ont également été réalisés sur chaque site.

Localisation des sites de suivi

- *Site A : Sommet du Morne de la presqu'île à Miquelon, à 209 m d'altitude (5 juin 2008) :*
 - carré n° A1 : coordonnées 47° 01' 142 N et 56° 19' 346 O
 - carré n° A2 : coordonnées 47° 01' 139 N et 56° 19' 346 O
 - carré n° A3 : coordonnées 47° 01' 138 N et 56° 19' 349 O
- *Site B : Sommet de la butte à Michel à Miquelon, 35 m d'altitude (6 juin 2008) :*
 - carré n° B1 : coordonnées 47° 03' 570 N et 56° 22' 678 O
 - carré n° B2 : coordonnées 47° 03' 570 N et 56° 22' 689 O
 - carré n° B3 : coordonnées 47° 03' 568 N et 56° 22' 687 O
- *Site C : Sommet de la Vigie à Saint-Pierre, 162 m d'altitude (11 juin 2008) :*
 - carré n° C1 : coordonnées 46° 46' 750 N et 56° 11' 803 O
 - carré n° C2 : coordonnées 46° 46' 749 N et 56° 11' 795 O
 - carré n° C3 : coordonnées 46° 46' 745 N et 56° 11' 783 O

Relevés quantitatifs des fréquences des espèces sur les carrés permanents

Ces relevés indiquent pour chacun des 9 carrés (A1 à C3) le nombre de fois où chaque espèce a été contactée lors des 100 points d'échantillonnage de chaque carré (cf. tableau I). Lorsque la tige a touché des débris végétaux non identifiables ou de l'humus, cela est également noté.

TABLEAU I

Carrés	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Altitude (en m)	209	209	209	35	35	35	162	162	162
Espèces									
<i>Diapensia lapponica</i>	5	6	3	10	1	3	10	1	
<i>Loiseleuria procumbens</i>	9			4	7	10			
<i>Salix uva-ursi</i>	3	5					1		
<i>Arctostaphylos alpina</i>	6		1		1	1		1	
<i>Potentilla tridentata</i>	7	5	5	3	3		6	2	3
<i>Betula pumila</i>	1	8			1		2	3	1
<i>Empetrum eamesii</i>	26	38	38	37	19	55	8	14	4
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	12	3	11			1	3	1	1
<i>Vaccinium uliginosum</i>		4	23	2	1		13	2	6
<i>Deschampsia flexuosa</i>					1				3
<i>Cladonia sp.</i>	29	22	15	30	29	22	10	28	46
<i>Danthonia spicata</i>		8	4						
<i>Ledum groenlandicum</i>									
<i>Maianthemum canadense</i>				1	1		2	2	5
<i>Prenanthes trifoliolata</i>							1		4
<i>Trichophorum caespitosum</i>							2	2	2
<i>Racomitrium lanuginosum</i>				10	3	3	35	21	8
<i>Vaccinium angustifolium</i>								8	3
<i>Juniperus communis</i>								8	
<i>Kalmia angustifolia</i>					5	1			2
<i>Polytrichum juniperinum</i>									1
<i>Calamagrostis pickeringii</i>									2
<i>Hudsonia ericoides</i>					26	3			
<i>Solidago uliginosa</i>				2					
<i>Cornus canadensis</i>					1				
Débris végétaux ou humus	2	1		1	1	1	7	7	9

Relevés phytosociologiques

Ces relevés ont été réalisés conformément à la méthode phytosociologique classique (Guinochet, 1973), avec indication des coefficients d'abondance-dominance (entre + et 5) pour toutes les espèces présentes dans la zone échantillonnée de 1 m² (cf. tableau II).

TABLEAU II

Carrés	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Altitude (en m)	209	209	209	35	35	35	162	162	162
Espèces									
<i>Diapensia lapponica</i>	2	2	1	3	1	1	2	2	
<i>Loiseleuria procumbens</i>	2	1	+	1	2	1			
<i>Salix uva-ursi</i>	2	2					+2		
<i>Arctostaphylos alpina</i>	1	+	1	+	1	+		+	
<i>Potentilla tridentata</i>	1	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Betula pumila</i>	+	1	+	+	+	+	+	2	
<i>Empetrum eamesii</i>	4	4	4	3	3	4	2	2	1
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	3	1	2			+	1	+	+
<i>Vaccinium uliginosum</i>	+	1	2	+	+		1	1	1
<i>Deschampsia flexuosa</i>	+	+	+		+	+			+
<i>Cladonia sp.</i>	3	2	2	3	3	3	2	3	4
<i>Danthonia spicata</i>	+	1	1						
<i>Ledum groenlandicum</i>	+								
<i>Maianthemum canadense</i>			+	+	+	+	1	1	2
<i>Prenanthes trifoliolata</i>			+				+		+
<i>Trichophorum caespitosum</i>			+				1	1	1
<i>Racomitrium lanuginosum</i>				2	2	2	4	3	2
<i>Vaccinium angustifolium</i>							+	1	+
<i>Juniperus communis</i>								2	
<i>Kalmia angustifolia</i>				+	1	+		+	+
<i>Polytrichum juniperinum</i>									+
<i>Calamagrostis pickeringii</i>				+					+
<i>Hudsonia ericoides</i>				+	3	1			
<i>Solidago uliginosa</i>				+		+			
<i>Cornus canadensis</i>					+	+			

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les communautés végétales échantillonnées s'intègrent sans difficultés dans le groupement à *Diapensia lapponica* et *Empetrum eamesii* que nous avons identifié antérieurement (Muller, 2008). Les relevés des sites A et C correspondent à la variante de haute altitude à *Salix uva-*

Présentation du carré A1 localisé au sommet du Morne de la presqu'île à Miquelon, 5 juin 2008

Cliché S. MULLER



Diapensia lapponica, espèce typique de la toundra de Saint-Pierre-et-Miquelon, en pleine floraison au sommet du Morne de la presqu'île à Miquelon, 5 juin 2008

Cliché S. MULLER

ursi, alors que ceux du site B correspondent à la variante de basse altitude (à *Hudsonia ericoides*). Les relevés du site C s'individualisent en outre par l'abondance de *Racomitrium lanuginosum*, qui traduit vraisemblablement des perturbations anthropiques (proximité d'une carrière).

Ce dispositif est conçu pour un suivi à long terme, devant pouvoir être renouvelé selon une méthodologie identique par des personnes différentes à un pas de temps régulier (tous les 3 à 5 ans par exemple).

Le renouvellement régulier des observations permettra de suivre les modifications éventuelles de la flore et de la végétation de cet habitat. Ces modifications pourront être comparées avec celles d'autres zones de toundra arctique dans le cadre du programme ITEX.

Serge MULLER

Laboratoire des Interactions

Écotoxicologie, Biodiversité, Écosystèmes (LIEBE)

UMR CNRS 7146

UNIVERSITÉ PAUL-VERLAINE

rue du Général Delestraint

F-57070 METZ

(muller@univ-metz.fr)

Remerciements

J'adresse mes remerciements à Luise Hermanutz (Université Saint-Jean de Terre-Neuve) et Esther Lévesque (Université du Québec à Trois Rivières), membres du réseau ITEX, pour leurs conseils dans la mise en place de ce suivi et à Esther en outre pour la relecture de ce manuscrit, à Frank Urtizbéréa et Bruno Galiber d'Auque (Direction de l'Agriculture et de la Forêt de Saint-Pierre-et-Miquelon) pour leur aide logistique et leur soutien, à Vincent Colasse et Vicky Cormier pour leur aide dans la mise en place des dispositifs, à Roger Etcheberry pour tout ce qu'il m'a appris sur la flore et la végétation de l'archipel, ainsi qu'au ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire pour le financement de ma mission 2008 à Saint-Pierre-et-Miquelon dans le cadre du plan d'action biodiversité de l'archipel.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT DE LA RÛE (E.). — Les îles Saint-Pierre et Miquelon, une enclave subarctique méridionale. Dans : Actes du colloque d'Helsinki « Écologie des régions subarctiques », 1970, pp. 289-292.
- DANIÉLS (F.). — Vegetation classification in Greenland. — *Journal of Vegetation Science*, 5, 1994, pp. 781-790.
- GUINOCHET (M.). — Phytosociologie. — Paris : Masson, 1973. — VI-218 p.
- JACOBS (J.D.), HERMANUTZ (L.), ANIONS (M.). — Climate change and tundra/taiga ecosystems in the Mealy Mountains of Labrador. National meeting of the northern ecological monitoring and assessment network, 14-15 January 2003. — Iqaluit, NU, 2003. — 12 p.
- MOLAU (U.), MOLGAARD (P.) (ed). — ITEX Manual. International Tundra Experiment. — Danish Polar Center, 1996. — 53 p. + annexes.
- MULLER (S.). — La Lande basse à *Diapensia lapponica* de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon et sa signification biogéographique. — *Revue d'Écologie (Terre & Vie)*, 63, 2008, pp. 41-46.
- WALKER (M.). — Community baseline measurements for ITEX studies. In : ITEX Manual. International Tundra Experiment / U. Molau and P. Molgaard Ed. — Danish Polar Center, 1996. — pp. 39-41.

LA TOUNDRA ARCTICO-ALPINE DE L'ARCHIPEL DE SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : MISE EN PLACE DE DISPOSITIFS DE SUIVI DE LA VÉGÉTATION (Résumé)

L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon présente sur les sommets de ses collines une végétation de toundra arctico-alpine, déterminée par des conditions climatiques subarctiques-océaniques. Cette végétation a pu être rattachée à l'alliance du *Loiseleurio-Diapension* décrite du Groenland en 1982. Du fait de son développement à Saint-Pierre-et-Miquelon à une latitude tempérée (celle de Nantes) et à une altitude très basse (point culminant à 240 m), ce groupement y atteint les conditions limites de son développement et y présente donc une sensibilité particulière au réchauffement climatique.

Un suivi de la dynamique de la végétation de cet habitat y a été mis en place sur trois sites (deux sur l'île de Miquelon et un sur l'île de Saint-Pierre) en juin 2008, conformément au protocole ITEX (International Tundra EXperiment), de manière à pouvoir y analyser les modifications du couvert végétal consécutives aux changements climatiques.

THE ARCTICO-ALPINE TUNDRA OF THE SAINT-PIERRE-ET-MIQUELON ARCHIPELAGO CONFRONTED WITH CLIMATE CHANGE - ESTABLISHMENT OF A VEGETATION MONITORING SCHEME (Abstract)

The vegetation found at the top of the hills of the Saint-Pierre-et-Miquelon archipelago is of the Arctico-Alpine Tundra type due to the subarctic-oceanic climate. This vegetation was assigned to the *Loiseleurio-Diapension* alliance of Greenland described in 1982. Because in Saint-Pierre-et-Miquelon it is growing at a temperate latitude (the same as Nantes) and at very low elevations (highest summit 240 m), this plant community is living here at the boundary conditions for its development and is therefore particularly sensitive to global warming.

A scheme for monitoring the dynamics of the vegetation in this habitat was implemented at three sites (two on the Island of Miquelon and one on Saint-Pierre) in June 2008, in accordance with the ITEX (International Tundra EXperiment) protocol to analyse changes in the vegetation cover arising from climate change.
